

УДК 621

## К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ НАРАБОТКИ НА ОТКАЗ ПАРОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

**Ю. А. Фазылова<sup>1</sup>, Е. Ю. Павлюк<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> juliya190499@mail.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы состояния трубопроводов высокого давления, выявления дефектов и применения вероятностных методов для определения периодичности контроля.

**Ключевые слова:** техническое состояние, выявление дефектов, частота контроля, математическая модель

## ON THE ISSUE OF AVERAGE RUNTIME INVESTIGATION OF STEAM PIPE AT THERMAL POWER PLANT

**Yu. A. Fazylova<sup>1</sup>, E. Yu. Pavlyuk<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Ural Federal University named after the First  
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> juliya190499@mail.ru

**Abstract.** The paper considers some problems connected with state of high-pressure steam pipelines, defects identifying processes and usage of probability methods to determine the frequency of control.

**Keywords:** technical condition, identification of defects, control frequency, mathematical model

**В** современной технике одним из важнейших вопросов является определение надежности и долговечности машин и аппаратов. В технике основным критерием, обеспечивающим эти параметры, является прочность узлов и деталей их конструкций, надежность их работы, определяемая не только формой и размерами элементов конструкций, но и материалами, из которых эти элементы изготавливались.

Вопросы контроля состояния металла трубопроводов хорошо проработаны в настоящее время. Имеются нормативно-технические документы, которые регламентируют периодичность и объем контроля металла, гарантирующие работоспособность трубопроводов в течение их практического использования. Путем увеличения частоты контроля металла можно выявлять практически все повреждения, но это экономически неэффективно и трудоемко. По этой причине определение рекомендуемых сроков для проведения исследований подобного рода является актуальным и необходимым для нормального функционирования трубопроводов. Для этого необходимо учитывать оптимальную периодичность контроля и вероятность безаварийной работы трубопровода. В таких случаях строится математическая модель. Она позволяет получить математическое описание процесса накопления усталостных дефектов металла и дефектов соединений трубопроводов. Модель представляет собой описание изменений состояния оборудования в процессе межремонтного цикла.

В работе В. В. Степанова и В. Ю. Пришедко приведен перечень дефектов трубопровода горячего промперегрева (ГПП) энергоблока гидрорециркуляционной электростанции (ГРЭС) [1]. Трубопровод ГПП предназначен для транспортировки пара от котлоагрегатов энергоблока к турбоагрегату. Параметры пара:  $T = 545^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 2,75 \text{ МПа}$ . Трубопровод изготовлен из труб типоразмеров  $426 \times 18$ ,  $377 \times 17$ ,  $273 \times 11$  марки стали 12Х1МФ. Трубопровод состоит из 491 элемента. Сварных соединений из них 248 шт., угловых — 92 шт.

Согласно перечню дефектов трубопровода [1] можно заметить, что из 15 выявленных дефектов 10 — это усталостные трещины, а оставшиеся 5 — дефекты сварки. Как показали исследования ремонтных карт трубопровода, самым повреждаемым элементом трубопровода стали угловые сварные соединения.

В процессе эксплуатации трубопроводы подвергаются воздействию циклических нагрузок от внутреннего давления и перепадов температур. Кроме того, необходимо учитывать наличие остаточных напряжений, возникающих при ремонтных подварках. Эти напряжения при растопке котла способствуют деформации труб вследствие термомеханических напряжений в сварных швах (рис. 1).

На момент выявления пятнадцатого дефекта общая наработка на момент контроля составила 254283 ч. Межконтрольный промежуток в соответствии с требованиями нормативно-технической доку-

ментации составляет 50 тыс. ч. Требования были выполнены, но это не смогло предотвратить появление дефектов. С 1962 по 2006 гг. было выявлено 15 дефектов.

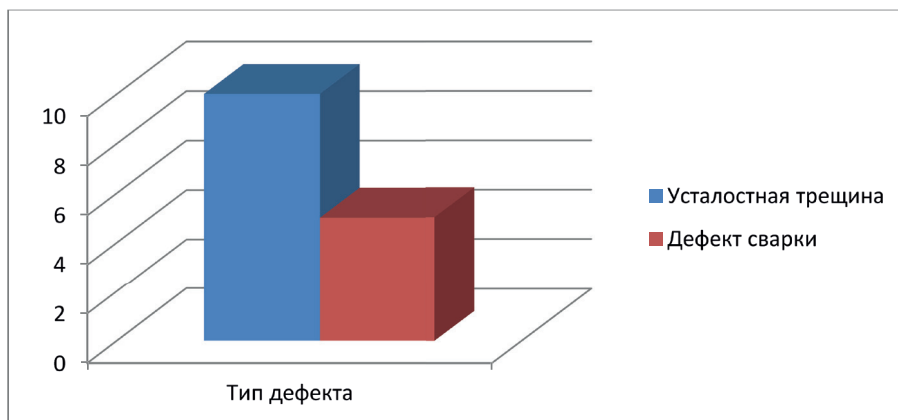


Рис. 1. Количественная оценка дефектов трубопроводов

Для того чтобы обеспечить уменьшение количества выявленных дефектов трубопровода, необходимо знать его фактическое состояние. Фактическая трассировка трубопровода должна соответствовать проектной, т. к. расчет на прочность произведен именно по ней. При несоответствии фактического исполнения трассировки выполняется поверочный расчет на прочность. Также нужно обеспечить наличие необходимого пространства для свободных тепловых перемещений трубопровода. На основании данных перечня дефектов можно рассчитать интенсивность отказов. Тогда интенсивность отказов  $\lambda$  рассчитывается по формуле:

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{\Delta t N_{\text{cp}}},$$

где  $n(t)$  — число отказов;  $N_{\text{cp}}$  — среднее число исправно работающих элементов.

Зная продолжительность контроля сварных соединений, можно проанализировать вероятность готовности к работе трубопровода. Меняя периодичность контроля, рассчитываются значения вероятностей.

Зависимость вероятности готовности к работе  $P$  от периодичности технического обслуживания  $t_a$  показана на рис. 2.

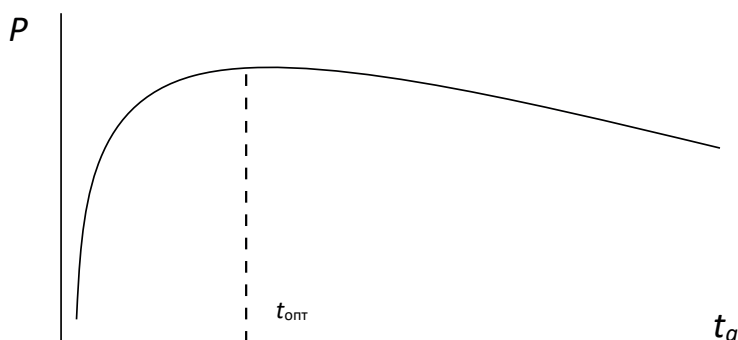


Рис. 2. Зависимость вероятности готовности к работе от периодичности технического обслуживания

При оптимальном значении периодичности технического обслуживания  $t_{\text{опт}}$  достигается максимальное значение вероятности готовности к работе. Это значит, что при этой периодичности контроля выявляются все дефекты и обеспечивается надежная работа трубопроводов в межконтрольный период.

Таким образом, применение вероятностных методов помогает рассчитать периодичность технического обслуживания с максимальным значением вероятности готовности к работе трубопровода ГПП. Появления дефектов можно также избежать, придерживаясь проектных решений.

### Список источников

1. Степанов В. В., Пришедко В. Ю. Контроль и прогнозирование состояния трубопроводов высокого давления // Обеспечение надежности теплоэнергетического оборудования. Техническое диагностирование и экспертиза промышленной безопасности : материалы III Междунар. Урал. науч.-практ. конф., г. Челябинск, 2–4 дек. 2015 г. Челябинск : Цицеро, 2016. С. 146–150.
2. Математическое описание износа оборудования в процессе работы / И. Р. Рашитов [и др.] // Экспертиза промышл. безопасности и диагностика опас. производств. объектов. 2016. № 1 (7). С. 79–81.
3. Основные работы, необходимые для определения технического состояния технологических трубопроводов / Н. В. Воронин [и др.] // Экспертиза промышл. безопасности и диагностика опас. производств. объектов. 2016. № 1 (7). С. 94–95.